

电在飛機上的应用

П. Т. 阿斯塔申科夫 著



國防工業出版社



电在飛機上的应用

И. Т. 阿斯塔申科夫 著

孙 治 邦 译



国防工业出版社

內 容 介 紹

在這本小冊子內簡單扼要地介紹了飛機上的電氣設備及其應用，並介紹了電在飛機上應用的發展過程。內容較為豐富，敘述通俗。原書為蘇聯士兵科學通俗叢書。

П.Т.Агашенков
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
НА САМОЛЕТЕ
Военное Издательство
министерства обороны Союза ССР
Москва 1955

本書系根據蘇聯國防工業出版社
一九五五年俄文版譯出

電 在 飛 機 上 的 應 用

(蘇)阿斯塔申科夫 著

孫 治 邦 譯

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號

北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

37×1092 1/32 • 3¹¹/₁₆ 印張 • 77,600字

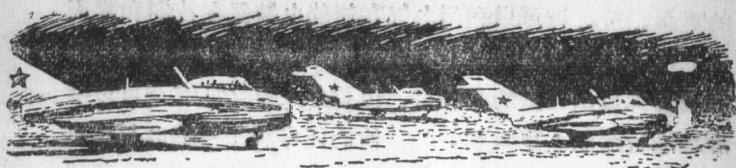
一九五六年四月第一版

一九五六年四月北京第一次印刷

印數：1—4,000冊 定價：0.60元

目 錄

序言.....	1
空中發电站.....	8
电的輸送.....	34
机構的电力操縱.....	40
測量器和檢查器.....	62
飛机上的光源与热源.....	80
从歷史上觀察电在航空上的应用.....	91



序 言

強大的蘇聯航空事業是在逐年鞏固和日益壯大。我國所有各種型別的飛機在不斷地改進——頭等的運輸機、體育運動機和軍用機，在祖國遼闊的領空中飛行。每當高空中響起飛機發動機強烈的轟隆聲的時候，在陽光下銀光閃耀，標誌有紅五星的飛機轉瞬即逝。蘇聯人看到了這些，都為祖國航空事業的成就而感到自豪。

杜申斯基飛機場上的傳統的空軍大檢閱是蘇聯空軍成就的一個鮮明的証實。無數的觀眾看到滑空而過的噴氣式轟炸機和驅逐機像神箭似的飛行，直昇飛機的垂直上昇與下降，以及其他型別飛機在飛行時，他們是怎樣的歡呼和稱贊啊！

在蘇聯的每架飛機上，都體現了各種先進科學與技術部門的最新成就。電能在航空中廣泛地應用促進了飛機製造業飛速的發展。電氣設備已成為現代飛機上不可缺少的部分，它不但能幫助飛行人員更充分的運用飛機的飛行技術性能，而且無論在地面上或是在空中都顯著地減輕了乘務人員的工作。可以肯定地說：只有製造出了各種特種設備，其中包括電氣設備，近代的高速和高空的飛行才能成為可能。

設備能使人比用自己的目力和聽覺“看”的和“聽”

ACB44/08

• 1 •

的更远。飛行員可以利用电气和無線电裝置在夜間和霧天里準確地判定與空中其它飛機和地面目标之間的距離。虽然發動機發出強烈的轟隆聲，但乘務人員之間完全可以平靜地進行通話。更重要的是，他們還可利用無線电與距離远的“地面”取得联系和在最坏的气象条件下判定自己飛機的位置。

机上的电气设备可保證在任何飛行条件下，精確地檢查飛機和动力裝置各个部分的工作情况。因此本來需要乘務人員支付很大体力的許多操縱動作，可以用機械化甚至自动化來代替。复雜的电气裝置，例如：自动駕駛儀就能在一定的飛行階段中完全“代替”飛行員的工作，並且能在需要的高度上準確地按規定的方向“引導”飛機飛行。特种自动器在調整發動機和飛機其他各部分的工作時不需要人去干預。这样就減輕了飛行員的劳动，使他能更集中地觀察空中情况和嚴格地掌握必須的飛行狀態。在作远航程，在困难的气象条件下，夜間、高空中飛行以及在地面自然可見目标不良的条件下着陸時，就更特別需要使用电气和無線电設備。

每種現代飛機都由三个主要部分組成：飛機組，它是專載乘客和裝置各种附件的部分；动力裝置，包括發動機和其燃料、冷却、潤滑系統；設備，在飛機的各种設備中，电气设备佔有重要的地位。飛機和發動機的全部附件几乎都可用电能帶動，这是电能具有的特点。此外，电能很易於由飛機的某一部分傳送到另一部分，並可順利地將电压增高或降低，分配給各个用电裝置——电动机、电灯、电热器等。电气設備的裝置在使用上要比其它的裝置簡單、容易而輕便，在飛行中工作可靠，在战斗中不易损伤，这些

是在偉大的衛國戰爭中經驗證明了的。由於具備這樣的特點，所以電氣設備在飛機上的應用越來越廣泛。

飛機的電氣設備與地面的電氣系統一樣，包括有電源、用電裝置和機上電路網。在飛機上作為電源的是特种發電機與蓄電池。它們所產生的電能經電路網導線輸到各用電裝置。

現代的飛機上用電裝置的數量很多，並且在逐漸地增加。很大部分的電能是消耗在電動機與電磁鐵上，因為他們帶動飛機和發動機的各部分工作，如收放起落架和開關炸彈艙門等。很多的電能還用來保證發動機各附件（如電動燃料泵、滑油泵、起動裝置——起動機和測量溫度、壓力和燃料消耗量的各種電動儀表）的正常工作。現在飛機上的座艙、空速管、滑油箱、飛行衣和時鐘等的電熱裝置也獲得了很大的發展。

電氣照明裝置（着路燈、航行燈、訊號燈和儀表板的照明燈等）可保證飛機在夜間安全飛行。飛機軍械的電氣操縱系統也需要大量的電能。現代飛機上消耗電能較多的是無線電台和無線電定位器（雷達）。圖1的圖表所示為現代遠程轟炸機上的主要用電裝置和電能的大概分配情況。用電裝置的總功率約為80千瓦。

現在舉幾個數字，便很容易說明飛機電氣設備在發展中的成就。若是在最早的飛機上，用電裝置的規定功率為幾十和幾百瓦特，那麼現在有的飛機上的規定功率已達600000瓦特。為具體的說明這一功率，完全可以說：它能供給一萬兩千盞50瓦特的電燈用。在驅逐機上電功率達到10000瓦特，在偵察機和攻擊機上達20000瓦特，在重型轟炸機上達250000瓦特。就是說五十架重型飛機的發電機所具

有的电功率可等於著名的加希爾斯基發電站（全俄國家電氣化計劃的首創物）初期的功率。在重型飛機上不是安裝一個，而是裝幾個發電機，其中有些發電機的功率現在已達 60000 瓦特。

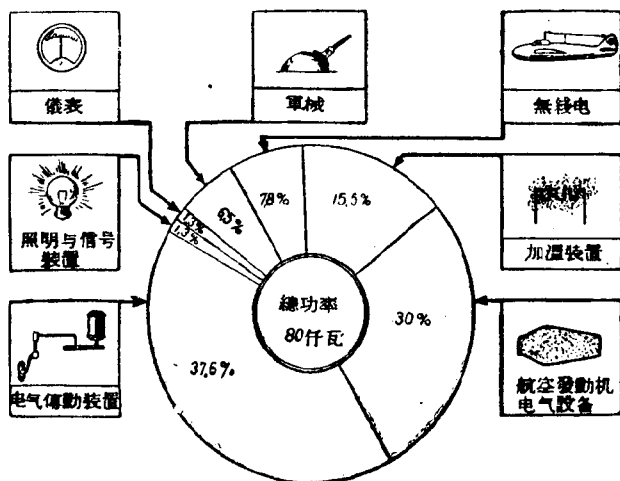


圖 1. 現代轟炸機上的用電裝置的功率比較圖

飛機電路網導線的長度也在不斷的増加。1950年時，重型飛機上的導線長度為40公里，而在現在的飛機上已達100~150 公里。再計算一下用電裝置的數量。飛機上安裝有各種各樣的電氣裝置和儀表，其數量有 1000 之多。總重量在某些飛機上以噸計。這還是在設計設備時，特別注意到將重量減輕至最低限度的結果。

在談到飛機電氣設備與地面的電氣系統原理上相同時，不能忘記飛機電氣設備在空中工作的特點。實際上，飛機電氣設備必須在各種飛行條件下，例如，地面上和高空中、白天和夜間、雲里和霧里、起飛和着陸以及完成高級特

技飛行中工作。顯然可以看出，設備的機械強度是使其連續不停地工作的最起碼的條件。自然，機械強度對地面的電氣裝置也是很重要的，但在飛機上這種要求尤其重要，因為設備在空中要承受強烈的抖動、震動、撞擊和加速度作用。

飛機上的震動是由於發動機和螺旋槳的工作以及空氣動力的作用所引起。飛機起飛與著陸時，電氣設備受著震動與撞擊，而在機槍與砲射擊時受著抖動。

當然，設計家們必須注意到，使每種電氣裝置能堅固地承受住機械力作用，並且在整个使用期中能正確地工作。但是怎樣來判定該裝置是否能經受住其空中所必須承受的各种震動呢？為此，需要制定一套完整的試驗制度。首先把即將裝到飛機上的裝置“送去”作長時間的飛行，並隨時檢查其如何“感覺”。此外，在地面上需用特種試驗台產生就像飛行中所產生的一樣的抖動來進行試驗。電氣設備的所有各个部分還需預先使其承受機械過負荷作用，而轉換開關、按鈕、插銷接頭和其他器具，需進行多次的通電與斷電檢查。對按鈕和信號器要進行3000次通電檢查，電路網的保險裝置要進行1000次通電檢查。在這種仔細地檢查以後，根據電氣設備的機械性質來判定是否適用於飛機上。

除了機械強度外，飛機電氣設備具有良好的電氣絕緣性能，能耐各種化學物質、海水、雨、雪和濕氣變化的影響也是極為重要的。如果電氣裝置的金屬部分不能很好地耐化學物質作用，則能使零件發生銹蝕與損壞。為了防止金屬的銹蝕，須塗以特種防護層。還需設法防止汽油和滑油的蒸汽對導線的絕緣物和其他材料的不良影響。保護各種設備，不使其內侵入濕汽，為此需將最重要的電氣裝置（例如：電動機）制成不透水珠的。為了試驗這種裝置，需設

置一真的“噴水器”，將电气設備的各个部分在含有湿气的空气中進行工作穩定性的檢查和試驗电气絕緣的強度。

电气設備的工作不应受其安裝位置的影响，因为飛機在飛行中可能作傾斜、倒飛和复雜的特技飛行。在作大加速度飛行时，也不应影响开关設備的动作。否則，就可能發生所不允許的影响，例如，个别裝置的任意接通，設備与發動机的工作状态的破坏等。

對於飛機在高空飛行，設計家还得解决一个問題，如飛行專家常說的設備要保證有足夠的高度性。这就是說，虽然随着飛行高度的增高，其空气压力与密度降低，溫度与介电強度也發生变化，但各种电气裝置仍須可靠地工作，並能保證本身的工作質量。压力的下降是很大的，在20公里的高度上，压力几乎比地面降低 $1^7/18$ 。大气溫度在我國，在11公里的高度以內，平均每升高1公里要降低 6°C ，而在11公里以上的高度上，溫度約为常数，等於 -56.5°C 。空气密度決定於压力、溫度和湿度，並在20公里的高度上將降低 $1^3/14$ 。同时空气的电气性質也改变。

所有这些大气随高度的变化都影响电气設備的工作。高空中的低溫可引起零件机械強度降低、絕緣材料的質量減低、滑油凝固、摩擦部分提前損坏以及破坏蓄电瓶和电解質电容器的工作。

溫度随高度而降低絕對無法补偿，因空气压力和密度減低使电机冷却条件恶化的影响。在高空这些条件是很困难的。如將地面上的發电机用到10公里的高空中，則由於过热的影响，它只能發出原額定功率 $1/4$ 的电。这就是为什么要特別注意，使机上电机要有最有効的冷却裝置的理由。

製造發电机整流子供电和电动机用电的可靠系統是極为重要的。關於这个系統將在“空中發电站”一節內詳細敘述。因为在高空中普通的电刷磨損最快。在拔海 10 公里高空飛行時，原工作期为 1000 小时的电刷只能工作 4 小时。設計家們必須發現用最堅固的材料來制造电刷和設計新的电刷夾結構，採用其他能保證电气設備各个部分在高空中可靠工作的方法。电气設備的某些部分裝置在飛機的密封座艙內，此外，甚至還要設有安裝电气裝置的个别小型“座艙”，其中是用人工方法來創造电气裝置工作所需要的条件。

設計家們要用尽一切方法力求飛機上的电气設備的重量輕，尺寸小，並保證在空中工作的高度可靠性。因此，飛機上的設備在尺寸和重量上，都与地面的大有不同。曾計算过，如果在一架偉大衛國战争时期的双發動机轟炸机上，裝設普通地面上的电气裝置和儀器的話，則其总量就等於飛機的有效載荷重量。因此，这样的轟炸机就不能再載一公斤的重物，而只能將其电气設備昇到空中。

此外，重要的是保證电气設備的工作寿命長、使用方便和安全、維護簡單、能迅速地修理和准备飛行、伤害性小、灵活性高。利用各种方法來減少飛機电气系統對無線电裝置，磁罗盤和其他儀表的干擾也是極为重要。

成功的解决所有这些要求，其中有許多要求还是相互矛盾着的，这是設計家們的光荣任务。必須指出，苏联的設計家們正在勝利地解决这些任务和創造世界上最完善的飛機电气設備。苏联的学者与設計家們是在航空中採用电气設備的奠基者，現在他們正在執行着苏联共產党和政府的指示，為飛機的進一步电气化開闢一切新的道路。

空中發電站

飛機上的主要電源

夜間觀察飛機的飛行，可以看到其上有各色的航行燈，許多人都在想：飛機上的電能是由那里供給呢？任何人都知道，將電線拉到空中的飛機上是不可能的。而且，也沒有必要將電線拉到飛機上，因為飛機上有自己的能在空中工作的發電站。這種發電站包括人們都熟習的地面上也常用的電源——發電機和蓄電瓶。

發電機是飛機上的主要電源。發電機，用俄國話說就是生產者；在電工學上就叫作將機械能轉換為電能的機器。飛機上的直流發電機是給許多動力裝置、照明和無線電裝置供電的。

飛機直流發電機的动作原理與普通的地面發電機沒有區別，並且也是基於電磁感應的原理而工作的。如眾所知，當導線向垂直於磁場方向運動時，在導線上便感應出電動勢。在發電機上導線是裝在圓柱的槽或切口內，圓柱在磁場內旋轉。這些導線形成一閉合繞組，它的個別部分與叫作整流子的整流片連接。整流子上裝有電刷。整流子起交流電的整流器的作用，就是將導線內產生的電流加以整流。它將電樞導線與電刷接通，並使負荷電路內的電流始終保持一個方向。這一整套裝置就叫做直流發電機的電樞。

電樞是發電機的主要部分。用以感應電動勢和產生電流。在飛機的發電機上最常用的是鼓形電樞。它是一個表

面有縱向槽的圓柱體，用模壓鋼片疊合而成。為了減少渦流的損失，鋼片間互相加以絕緣。在電樞的槽內嵌有繞組，繞組按發電機功率的不同可用絕緣銅線或銅絲繞制。為了在電樞旋轉時使繞組不致由槽內甩出，用紮線或楔子將繞組固緊。嵌在電樞槽內的繞組元件的端頭與相應的整流子片联接。

整流子由許多單個的鋼片組成，鋼片間並加有絕緣墊。整流子片用壓縮墊片固定在整流子的壳体上。用銅電刷或石墨電刷將電流從整流子輸到外部電路。石墨電刷由於他與整流子間的電阻大，對發電機的工作有利，所以經常被採用。

電刷裝在電刷夾的特有的夾圈內。為了產生適當的壓力使電刷壓在整流子上，所以裝有圓螺旋彈簧或片狀彈簧。

電刷夾固定在与發電機壳体絕緣的刷架上，以防止電刷沿整流子圓周移動。這是為了使電刷裝在最合適的位置上，以保證在電刷下沒有火花時得到最大的電壓。

為了增高發電機的電壓和減少負荷電流的脈動，須將電樞多繞些匝數，並與此相應地增加整流子片數。

飛機的每一直流發電機都有固定部分和轉動部分。發電機的固定部分由壳体、磁極、帶電刷和電刷夾的刷架和其他結構零件組成。轉動部分就是電樞和整流子，它們裝在同一个軸上。壳体、磁極和電樞組成發電機的磁性系統。發電機的所有部件如圖 2 所示。

飛機發電機的壳体普通為圓筒形；由導磁系數大的鋼料制成。作為組成磁路一部分的發電機壳体，除了用來固定帶線圈的磁極和輸出接線柱外，並且還用來支撐軸承套

和軸承。

磁極就是電磁鐵。磁極上有勵磁繞組，流經繞組的電流產生發電機的磁場。每一磁極由鐵心、繞在其上的線圈和極片所組成。鐵心和極片由特種鋼片疊成，為了減小渦流和減少磁性損失，鋼片間互相加以絕緣。磁極的線圈由絕緣的銅線繞制，彼此串聯，組成發電機勵磁繞組。

除主要磁極外，在大功率發電機上常採用附加磁極，用以在負荷時改善發電機整流子的工作。附加磁極比鄰近主要磁極的尺寸小的多，並裝在主要磁極之間。

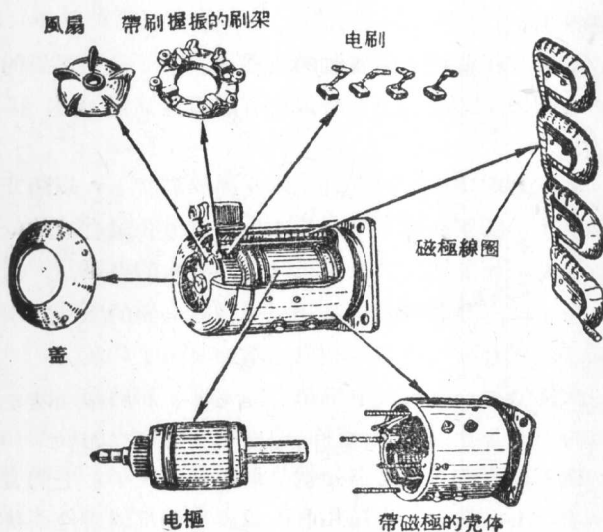


圖 2. 飛機發電機的外貌與其部件

發電機結構的其他元件有軸承套、軸承、冷卻與潤滑裝置。軸承通常是採用滾珠式的。發電機的冷卻有自動通風

和強制通風（吹風）兩種。自動通風式的發電機在軸上裝有風扇。在強制通風式發電機上空氣由外面直接吹入。

強制通風（吹風）系統是最為有效的，其裝置的原理如圖 3 所示。在飛機飛行中部分的迎面氣流由外面進入，並沿導管吹向發電機。冷氣沿電樞上的和磁極中間的專用通風道吹過，恰好穿過發電機的全身，使其很好的冷卻。

飛機發電機具有許多優點，其中主要的是轉速高、重量輕與尺寸小。設計飛機發電機最主要的要求，就是要達到最大的功率，最輕的重量。這裡我們引用一特殊概念，即單位功率。也就是發電機每一公斤重所佔有的功率。這量值愈大，發電機的結構也就愈完善。

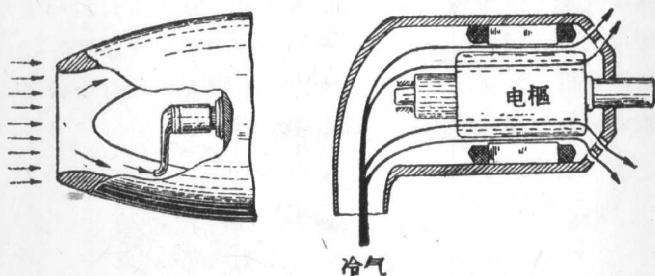


圖 3. 裝在噴氣式發動機上的航空發電機的強制冷卻系統

隨著航空事業的發展，飛機發電機的單位功率也有增長。如在十九世紀二十年代時，發電機的單位功率為 15~20 瓦/公斤，而現在已達 600~700 瓦/公斤。為達到此成就，設計家們曾不斷地改進了和正在改進着發電機的電氣線路和個別的部件，使電樞和勵磁線路內的電流具有更大的密度。為防止發電機過熱，採用了各種方法使其冷卻。製造

發電機所用的材料也在日益改進，如採用有耐熱絕緣材料和難熔原料等等。

欲減輕飛機發電機的重量，須增大電樞轉速。下面指出一個有趣的記載：如在二十世紀的三十年代，發電機工作轉速為由 2.5 到 4 千轉/分時，那麼到四十年代轉速已增加到 3.2~6 千轉/分，而現在的轉速已達到 4~9 千轉/分。這樣直流發電機的轉速幾乎增加到二倍。

飛機發電機的傳動裝置

前面已指出，發電機就是將機械能變換為電能的電機。飛機上的機械能是由哪里取得呢？從前，為了得到機械能，在機翼上安裝一特種小型風力發動機——風輪，它將空氣逆流變換為機械能供給發電機（見圖 4）。後來，發現了這種傳動裝置不夠有利和合理。因為此種裝置裝在高速飛機上時，它產生很大阻力，所以現在只有在低速的旅客機和教練機以及滑翔機上才應用。

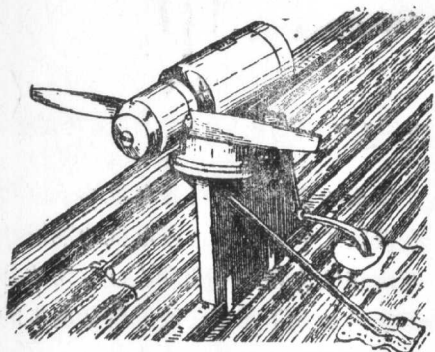


圖 4. 由風輪帶動的發動機的傳動裝置

在其它飛機上，發電機的傳動是由產生飛機拉力的航空發動機來實現的。但是用航空發動機傳動發電機是有許多困難的，其中之一就是航空發動機軸的轉速，也就是說發電機軸的轉速，在飛行中可能急劇地改變。發電機所產生的電壓決定於與航空發動機軸相接的發電機活動部分的轉速。因此必須採用發電機電壓自動調整裝置。此外，還克服了其他的困難，例如：用特種緩沖裝置克服航空發動機活塞行程的極不均勻性；採用彈性聯軸器，軸和其他裝置來防止發電機受動態過負荷。

圖 5 所示由噴氣式發動機帶動發電機轉子轉動的裝置圖。通過中心傳動的主動齒輪將轉動傳給垂直軸和裝在其末端上的傘齒輪，而傘齒輪再轉動雙齒輪和發電機軸。

由航空發動機帶動發電機的傳動裝置現在應用得最多。但是也還有其他的傳動裝置。例如，在緊急情況下無線電發射機和飛機照明系統的供電是採用備用發電機的手動式傳動裝置。在大型

運輸機與軍用機上以及在滑翔機上有時用特種飛機電力附件——此附件由一內燃機和發電機（如圖 6），來做主要電源。此種發電機的特點是它所產生的電流與主要發動機的工作無關，並且維護方便。在這種發電機上可以很容易

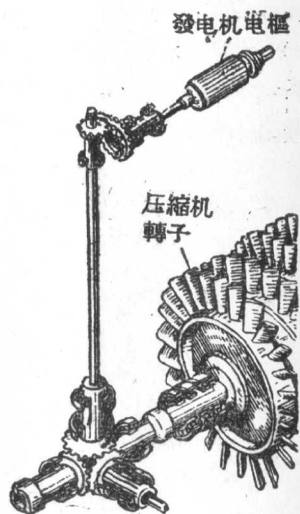


圖 5. 由噴氣式航空發動機帶動發電機的傳動裝置圖